

小流域生态经济系统的评价研究

张忠学, 郭亚芬, 任玉东

(东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 应用层次分析模糊综合评价法对黑龙江省海沦市光荣小流域水土流失综合治理发展生态经济的效果进行了分析评价。结果表明, 光荣小流域经过 5 a 的综合治理, 经济系统有了较大发展, 但仍处于初级阶段, 还有很大的发展潜力。

关键词: 水土流失 综合治理 生态经济 综合评价

文献标识码: A **文章编号:** 1000-288X(2000)01-0024-04 **中图分类号:** S157.2, F301.24

Evaluation Study on Ecological Economy System in Small Watershed

ZHANG Zhong-xue, GUO Ya-fen, REN Yu-dong

(Northeast Agricultural University, Harbin 150030, PRC)

Abstract The primary analysis of small watershed water and soil loss comprehensive harness, developing ecological economy by using analytic hierarchy fuzzy comprehensive evaluation process was conducted. The result showed that after comprehensive harnessing and developing for nearly 5 years, it has been on primary stage and has developed potential greatly.

Keywords water and soil loss; comprehensive harness; ecological economy; comprehensive evaluation

在人口膨胀、粮食短缺、能源紧张、环境破坏等问题日益严重的情况下,人们开始注重自然资源的保护和农业的持续发展等问题。在自然资源遭到破坏、水土流失严重的地区,进行水土流失的综合防治,合理开发利用水土资源,发展生态经济,是使农民尽快脱贫致富的一个十分重要的问题。

黑龙江省海沦市光荣小流域是全市有名的贫困地区,水土流失严重,经济发展落后。为了改变这里的贫困面貌,我们开始进行岗坡地水土流失综合治理措施的研究,目的在于以综合治理水土流失为突破口,大力发展生态经济。5 a 以来,在各级政府的支持下,在当地群众的积极参与下,按照光荣小流域的总体规划,进行了水土流失的综合治理,积极发展生态经济,取得了一些成绩。为了检验小流域综合治理的成果,评价生态经济发展的现状,为今后进一步发展和各级领导决策提供科学依据,我们用层次分析模糊综合评价法对光荣小流域水土流失综合治理发展中的生态经济系统进行了评价研究。

1 评价过程及结果

1.1 确定评价指标体系

根据光荣小流域的自然生态经济特点,我们在大

量调查研究的基础上,经过反复推敲和分析,最后选定 26 个基础指标。因为小流域生态经济系统是由初级生产子系统、次级生产子系统和加工生产子系统组成的,因此,光荣小流域水土流失综合治理发展生态经济的评价指标体系构造如下所示^[1,2]。

(1) 初级生产系统指数 B_1 , 森林覆盖率 C_1 , 光能利用率 C_2 , 水土流失变化率 C_3 , 活动积温利用率 C_4 , 水资源利用率 C_5 , 有机质升降变化率 C_6 , 单位面积产值 C_7 ($\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$), 单位面积纯收入 C_8 ($\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$), 无机能产投比 C_9 , 有机能产投比 C_{10} , 初级劳动生产率 C_{11} ($\text{元} / \text{工日}$), 经济产投比 C_{12} , 初级产品质量达标率 C_{13} 。

(2) 次级生产系统指数 B_2 , 初级副产品利用率 C_{14} , 初级产品能量转化率 C_{15} , 饲料蛋白质转化率 C_{16} , 次级生产经济产投比 C_{17} , 次级劳动生产率 C_{18} , 次级产品质量达标率 C_{19} 。

(3) 加工生产系统指数 B_3 , 农畜产品加工率 C_{20} , 人均加工业产值 C_{21} , 加工增值率 C_{22} , 加工劳动生产率 C_{23} ($\text{元} / \text{工日}$), 加工业流动资金周转率 C_{24} , 加工业资金利用率 C_{25} , 加工产品质量达标率 C_{26} 。

1.2 指标权重的记算

1.2.1 判断矩阵的建立^[3,4] 通过请生态经济方面和水土流失综合治理方面的科技人员 20 人,组成专家系统,并且按表 1 的标度约定,分析填写判断矩阵表,并得到 20 套判断矩阵表,再用算术平均的方法将这套判断矩阵表汇总成一套判断矩阵表,如表 2-5 所示

表 1 标度说明表

标度值	元素间关系	说 明
1	两元素同等重要	$b_{ij} = 1/b_{ji}$,即元
3	一个元素比另一个元素稍微重要	素 i 与 j 比较的
5	一个元素比另一个元素较强重要	标度为 b_{ij} ,则元
7	一个元素比另一个元素强烈重要	素 j 与 i 比较的
9	一个元素比另一个元素绝对重要	标度值为 $b_{ji} =$
2, 4, 6, 8	两相邻判断的中值	$1/b_{ij}$

表 2 初级生产系统指标权重判断矩阵

指标	C ₁	C ₂	C ₄	C ₅	C ₃	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃
C ₁	1	4.4	5.3	2.6	2	3.6	5.6	5.6	5.8	4.9	2.5	4.7	4.2
C ₂	1/4.4	1	2.1	0.4	0.8	1.3	1.8	1.7	2.8	0.9	0.4	0.8	1.2
C ₄	1/5.3	1/2.1	1	0.5	1.1	0.9	1.8	1.7	1.4	0.7	0.5	1.3	0.6
C ₅	1/2.6	1/0.4	1/0.5	1	0.9	2	3.3	3.3	3.1	2.9	1.4	3.5	2
C ₃	1/2	1/0.8	1/1.1	1/0.9	1	1.7	3	3	2.8	2.2	1.5	2.5	1.8
C ₆	1/3.6	1/1.3	1/0.9	1/2	1/1.7	1	2.3	2.3	2.3	1.5	1.2	2.3	2
C ₇	1/5.6	1/1.8	1/1.8	1/3.3	1/3	1/2.3	1	0.5	2.3	2	0.9	1.5	0.9
C ₈	1/5.6	1/1.7	1/1.7	1/3.3	1/3	1/2.3	2	1	3	2.6	1.2	1.9	1.2
C ₉	1/5.8	1/2.8	1/1.4	1/3.1	1/2.8	1/2.3	1/2.3	1/3	1	0.3	0.6	1.2	0.6
C ₁₀	1/4.9	1/0.9	1/0.7	1/2.9	1/2.2	1/1.5	1/2	1/2.6	3	1	0.8	1.8	1.4
C ₁₁	1/2.5	1/0.4	1/0.5	1/1.4	1/1.5	1/1.2	1/0.9	1/1.2	1/0.6	1/0.8	1	2.7	1.2
C ₁₂	1/4.7	1/0.8	1/1.3	1/3.5	1/2.5	1/2.3	1/1.5	1/1.9	1/1.2	1/1.8	1/2.7	1	0.8
C ₁₃	1/4.2	1/1.2	1/0.6	1/2	1/1.8	1/2	1/0.9	1/1.2	1/0.6	1/1.4	1/1.2	1/0.8	1

表 3 次级生产系统指标权重判断矩阵

指标	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉
C ₁₄	1	2.5	1.7	3	2.7	1.3
C ₁₅	1/2.5	1	0.5	1.8	1.4	1.3
C ₁₆	1/1.7	2	1	2.5	1.9	2.3
C ₁₇	1/3	1/1.8	1/2.5	1	1	1.6
C ₁₈	1/2.7	1/1.4	1/1.9	1	1	2.4
C ₁₉	1/1.3	1/1.3	1/2.3	1/1.6	1/2.4	1

表 5 各大子系统对总系统的权重判断矩阵

指 标	初级生产	次级生产	加工生产
初级生产	1	3	5
次级生产	1/3	1	4
加工生产	1/5	1/4	1

表 4 加工业生产系统指标权重判断矩阵表

指标	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆
C ₂₀	1	2.5	1.7	1	2.9	1.9	1.7
C ₂₁	1/2.5	1	0.6	0.6	1.3	1.7	0.5
C ₂₂	1/1.7	1/0.6	1	1.2	2.4	1.6	1.5
C ₂₃	1	1/0.6	1/1.2	1	2	1.7	1
C ₂₄	1/2.9	1/1.3	1/2.4	1/2	1	0.5	1.1
C ₂₅	1/1.9	1/1.7	1/2.6	1/1.7	2	1	1.8
C ₂₆	1/1.7	1/0.5	1/1.5	1	1/1.1	1/1.8	1

(1) 计算判断矩阵中每一行元素的乘积

$$M_i = \prod_{j=1}^n b_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

(2) 计算 M_i 的方根

$$\bar{W}_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

(3) 对 \bar{W}_i 进行规范化处理,即可得到权重向量

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{W}_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

所谓一致性检验,就是要求 $C_l \leq 0.1, C_R \leq 0.1$,

这里 $C_l = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, C_R = \frac{C_l}{R_l}, \lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{B W_{Bi}}{W_{Bi}}$

式中: n ——矩阵阶数; B ——判断矩阵; W_{Bi} ——相对权重列向量; R_l ——随机一致性系数(如表 6)

1.2.2 计算评价指标权重及一致性检验 采取几何平均值法计算评价指标的权重,其计算步骤为:

表 6 随机一致性系数

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	...
R_i	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.48	1.52	1.55	1.57	1.59	1.61	1.62	1.64	1.65	1.67	...

将上述计算方法写成计算机程序,将表 1-4 的判断矩阵分别输入计算机进行运算,就可得到 3 个子系统在农业生态经济大系统中的相对权重向量及基础评价指标相对于对应子系统的权重向量。将基础评价指标以各自子系统的相对重要性为权计算基础指标对农业生态经济大系统的权重向量(表 7)。

表 7 基础评价指标在生态经济系统中的权重

指 标	初级生产系统	次级生产系统	加工生产系统	组合权重向量
	0.627	0.20	0.093	
森林覆盖率	0.206			0.129
光能利用率	0.066			0.041
水土流失变化率	0.054			0.034
活动积温利用率	0.127			0.080
水资源利用率	0.108			0.068
有机质升降变化率	0.079			0.050
单位面积产值	0.047			0.030
单位面积纯收入	0.058			0.036
无机能产投比	0.032			0.020
有机能产投比	0.053			0.033
初级劳动生产率	0.077			0.048
初级生产经济产投比	0.038			0.024
初级产品质量达标率	0.055			0.035
初级副产品利用率		0.289		0.081
初级产品能量转化率		0.143		0.040
饲料蛋白质转化率		0.235		0.066
次级生产经济产投比		0.107		0.030
次级劳动生产率		0.128		0.036
次级产品质量达标率		0.098		0.027
农畜产品加工率			0.229	0.021
人均加工业产值			0.104	0.010
加工增值率			0.178	0.017
加工劳动生产率			0.169	0.016
加工业流动资金周转率			0.082	0.008
加工业流动资金利润率			0.119	0.011
加工产品质量达标率			0.119	0.011

3大生产子系统对总系统的权重向量检验结果:

$$C_I = 0.0430, C_R = 0.0740$$

基础评价指标 $i(1, 2, \dots, 13)$ 对初级生产系统的权重向量一次性检验结果: $C_I = 0.0470, C_R = 0.0070$;

基础评价指标 $i(14, 15, \dots, 19)$ 对次级生产系统的权重向量一次性检验: $C_I = 0.0220, C_R = 0.0017$;

基础评价指标 $i(20, 21, \dots, 26)$ 对加工生产系统的权重向量一次性检验: $C_I = 0.0560, C_R = 0.0090$;

基础评价指标 $i(1, 2, \dots, 26)$ 对总系统的组合权

重向量一次性检验: $C = 0.0340, C_R = 0.0030$ 其中 C_I 与 C_R 均 < 0.1 , 检验通过。

1.3 基础指标模糊隶属度的计算

与专家系统成员座谈,讨论,确定基础评价指标优劣的标准。根据光荣小流域的实际基础指标值,请专家系统成员分别给出每个评价指标的模糊隶属度,以 $(0 \sim 1)$ 的数值表示。这样我们就得到 20 张基础指标的模糊隶属度表,再采取算术平均法汇总成一张基础评价指标的模糊隶属度表(如表 8)。

表 8 基础评价指标模糊隶属度表

指标	隶属度	指标	隶属度	指标	隶属度
C_1	0.65	C_{10}	0.92	C_{19}	0.98
C_2	0.42	C_{11}	0.54	C_{20}	0.15
C_3	0.58	C_{12}	0.42	C_{21}	0.53
C_4	0.60	C_{13}	0.73	C_{22}	0.12
C_5	0.36	C_{14}	0.73	C_{23}	0.42
C_6	0.69	C_{15}	0.34	C_{24}	0.25
C_7	0.63	C_{16}	0.56	C_{25}	0.61
C_8	0.48	C_{17}	0.37	C_{26}	0.94
C_9	0.83	C_{18}	0.41		

1.4 生态经济评价标准的确定

根据黑龙江省生态经济发展的现实水平,经过广泛征求科技人员的意见,把全省生态经济系统划分为 5 个等级(表 9)。

表 9 生态经济系统划分

级 别	综合评价指数	备 注
一级	0.8~ 1.0	为发达的生态经济系统
二级	0.7~ 0.8	为发展的生态经济系统
三级	0.6~ 0.7	为中等的生态经济系统
四级	0.5~ 0.6	为初级的生态经济系统
五级	0.5以下	为初始的生态经济系统

1.5 生态经济评价指数计算

生态经济评价指数用下式计算:

$$U_1 = \sum_{i=1}^{13} R_i W_{1i}, \quad U_2 = \sum_{i=14}^{19} R_i W_{2i}$$

$$U_3 = \sum_{i=20}^{26} R_i W_{3i}, \quad U = \sum_{i=1}^{26} R_i W_i$$

式中: U_1 ——初级生产子系统评价指数; U_2 ——次级生产子系统评价指数; U_3 ——加工生产子系统评价指数; U ——生态经济系统评价指数; R_i ——基础评价指标模糊隶属度; W_{1i}, W_{2i}, W_{3i} ——分别为基础评价指标对 3 个生产子系统的权重向量; W_i ——基

础评价指标对生态经济系统的组合权重向量

利用表 7 与表 8 的成果计算出光荣小流域生态经济评价指数如下:

$$U_1= 0.593, U_2= 0.490, U_3= 0.387, U= 0.545$$

2 结 论

通过上述应用层次分析模糊综合评价法的评价分析计算可知,光荣小流域生态经济评价指标为 0.545,说明光荣小流域水土流失治理发展生态经济为初级生态经济系统,它表明光荣小流域经过 5 a 的综合治理发展生态经济仅仅是开始,尚处于初级阶段。初级生产子系统的生态经济评价指数为 $U_1= 0.593$,说明初级生产子系统有所发展,主要是大力推广了农业新技术和优良品种,使初级生产接近中等水平。次级生产子系统的生态经济评价指数 $U_2= 0.490$,说明次级生产水平还比较落后,畜牧业的发展刚刚起步,在农业总产值中所占的比重很小,需要进一步调整农业生产结构,大力发展畜牧业。加工生

产子系统的生态经济评价指数 $U_3= 0.387$,说明加工生产子系统处于初始生产阶段,仅有的加工业只是豆腐坊、粉坊等一些比较原始的农村产业,所以发展潜力还是很大的。

总之,光荣小流域水土流失综合治理经过 5 a 的努力,改善了生态环境,为发展生态经济奠定了基础,今后,应进一步调整农业生产结构,管护好水土资源,使农业资源实现永续利用,使经济持续发展。

参 考 文 献

- [1] 杨挺秀. 农业系统工程总体设计 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1987. 134- 136.
- [2] 王凤仙, 王元仲, 徐文中. 生态农业评价指标体系及评价方法研究 [M]. 北京: 农业出版社, 1993. 11- 60.
- [3] 韩宁, 许尚武. 微机与农业系统工程应用软件 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1987. 212- 220.
- [4] 朱永达. 农业系统工程 [M]. 北京: 农业出版社, 1993. 16- 22.